ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Année 1948 N° 59

LE POISSON CONGELE

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

(DIPLOME D'ÉTAT)

présentée et soutenue publiquement en Décembre 1948

DEVANT LA

Faculté Mixte de Médecine et de Pharmacie de Toulouse

PAR

ALBERT FROMENTAY

Né le 6 Juillet 1921

JURY { *Président :* M. VALDIGUIÉ Professeur à la Faculté de Médecine
Assesseurs : MM. DARRASPEN Professeur à l'Ecole Vétérinaire
LOMBARD Professeur à l'Ecole Vétérinaire

TOULOUSE
IMPRIMERIE MODERNE
22, rue Sainte-Ursule, 22

1948

FROMENTAY (Albert). — Le Poisson Congelé. — *Toulouse,* Imp. Moderne 1948, in-8°, 72 pages.

Thèse Vétérinaire, Toulouse, 1948, *N°* 59.

FROMENTAY (Albert). — Le Poisson Congelé. — *Toulouse,* Imp. Moderne 1948, in-8°, 72 pages.

Thèse Vétérinaire, Toulouse, 1948, *N°* 59.

FROMENTAY (Albert). — Le Poisson Congelé. — *Toulouse,* Imp. Moderne 1948, in-8°, 72 pages.

Thèse Vétérinaire, Toulouse, 1948, *N°* 59.

FROMENTAY (Albert). — Le Poisson Congelé. — *Toulouse,* Imp. Moderne 1948, in-8°, 72 pages.

Thèse Vétérinaire, Toulouse, 1948, *N°* 59.

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

PERSONNEL ENSEIGNANT

	MM.
Directeurs honoraires	CUILLÉ MARTIN
Professeur honoraire	LECLAINCHE
Directeur	PONS

PROFESSEURS

Chimie et Pharmacie	N...
Anatomie	FLORENTIN
Physiologie	N...
Anatomie pathologique. - Inspection des viandes	LOMBARD
Parasitologie	BRIZARD
Médecine	DARRASPEN
Chirurgie	LASSERRE
Pathologie du bétail	BERTHELON
Maladies Microbiennes	N...
Zootechnie	PONS

AGREGES

Chimie et Pharmacie	GODFRAIN
Anatomie	BENOIT
Médecine	FLORIO
Chirurgie	PUGET
Zootechnie	LADRAT

CHEFS DE TRAVAUX

Pathologie du Bétail	TOURNUT

COURS COMPLEMENTAIRE

Pisciculture et maladies des poissons	SECONDAT

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats (délibération de la Faculté en date du 10 mai 1891 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 juin 1924).

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Année 1948 N° 59

LE POISSON CONGELE

THÈSE

POUR LE DOCTORAT VÉTÉRINAIRE

(DIPLOME D'ÉTAT)

présentée et soutenue publiquement en Décembre 1948

DEVANT LA

Faculté Mixte de Médecine et de Pharmacie de Toulouse

PAR

ALBERT FROMENTAY

Né le 6 Juillet 1921

JURY { *Président :* M. VALDIGUIÉ Professeur à la Faculté de Médecine
Assesseurs : MM. DARRASPEN Professeur à l'Ecole Vétérinaire
LOMBARD Professeur à l'Ecole Vétérinaire

TOULOUSE
IMPRIMERIE MODERNE
22, rue Sainte-Ursule, 22

1948

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

A MES PARENTS

Qu'ils trouvent ici un humble témoignage de ma reconnaissance pour les lourds sacrifices que je leur ai imposés.

A MA FEMME

En gage de ma tendresse et de mon affection.

A MES BEAUX-PARENTS

Ma sincère affection.

A MON FRERE

A TOUS MES AMIS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR VALDIGUIE

de la Faculté de Médecine de Toulouse

Qui nous fait le très grand honneur d'accepter la présidence de notre jury de thèse. Hommages respectueux.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR DARRASPEN

Chevalier de la Légion d'Honneur

Pour l'honneur et le plaisir qu'il nous fait en acceptant de faire partie de notre jury. Notre respectueuse reconnaissance.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR LOMBARD

Chevalier de la Légion d'Honneur

En témoignage de notre sincère gratitude pour la haute bienveillance qu'il nous a toujours témoignée et pour les conseils avisés qu'il nous a prodigués pour l'élaboration de cette thèse.

A TOUS NOS MAITRES
DE L'ECOLE VETERINAIRE DE TOULOUSE

AVANT-PROPOS

Les besoins en matières azotées et minérales sont très importants dans l'alimentation humaine. Or une part notable peut être fournie par la chair du poisson. En plus de son fort coefficient de digestibilité, la chair du poisson constitue un aliment presque complet. Elle renferme les matières organiques et minérales indispensables à l'entretien et à la reproduction des cellules de l'organisme.

En effet, vidé et cuit le poisson perd 25 *à* 35 % *de son poids (jusqu'à* 50 % *chez les espèces à grosse tête).*

La chair est riche en eau : 70 *à* 80 %.

Les matières minérales *varient de* 1 *à* 2,5 %.

Le chlore et le sodium sont plus abondants chez les poissons de mer.

Le potassium, le magnésium, le phosphore chez ceux d'eau douce.

Les éléments catalytiques *nécessaires à la cellule, existent également (Fer, manganèse, zinc, cuivre, iode, brom, arsenic, nickel, cobalt).*

Les matières organiques *varient beaucoup avec l'espèce de poisson considéré.*

Les glucides sont en très faible quantité dans la chair musculaire 0,04 *à* 0,22 % *de Glycogème chez l'églefin,* 0,01 *chez la morue. Il y en a davantage dans le foie des poissons frais :* 0,58 *à* 2,04 % *; les œufs en sont riches :* 2 *à* 7 %.

Les lipides varient suivant la catégorie de poisson considérée : 2 *à* 3 % *chez les poissons maigres (gadidés), jusqu'à* 25 *et* 27 % *chez les poissons gras (anguille, thon, saumon).*

De plus la teneur en lipides varie suivant la saison et l'activité génitale.

Les Protides oscillent autour de 10 % *du produit frais, mais les protéines renferment un très grand nombre d'acides aminés indispensables à l'élaboration cellulaire.*

Enfin, les vitamines entrent aussi dans la composition de la chair du poisson :

Vitamines hydrosolubles, A. D. abondantes dans les viscères de beaucoup de poissons ; en quantité intéressante dans la chair : anguille, thon, saumon, lamproie, hareng, sardine, par ordre décroissant.

Vitamines hydrosolubles du groupe B (B1 B2 Pp)
du groupe C

La vitamine B1 existe en quantité très appréciable dans la chair musculaire (20 Unités I. en moyenne) ; la vitamine B2, dans la peau, les yeux, surtout chez les

poissons présentant des écailles très petites (anguille) ; pour ce qui est de la vitamine C, les poissons en sont assez pauvres.

Malgré la richesse alimentaire du poisson, sa consommation moyenne n'est pas très élevée, surtout en France. En effet la consommation parisienne serait de 10 à 12 kgs par tête et par an, celle de Lyon de 1 à 2 kgs seulement, alors qu'un Anglais consomme 25 kgs dans san année et un Japonais 130 kgs.

Cependant, la digestibilité des matières albuminoïdes et grasses de la chair de poisson est très élevée. Il serait donc logique d'accorder au poisson une part plus importante dans notre alimentation, d'autant plus que la France est bordée de mers qui constituent un réservoir à peu près inépuisable de substances alimentaires qui ne coûtent rien à produire.

Du point de vue économique un important problème se pose : celui de l'irrégularité des apports.

En effet, la production des pêches est extrêmement variable, non seulement d'une année à l'autre, mais encore avec les saisons dans une même année. Les périodes de disette et d'abondance se succèdent sans régularité. Aussi bien pour assurer le réapprovisionnement des usines de conserve que pour diriger dans les meilleures conditions le poisson frais sur les marchés de l'intérieur, a-t-on été amené à chercher les meilleurs moyens de conservation. La solution la plus judicieuse et la plus justiciable de ce grave problème a été fournie par l'utilisation des basses températures.

Deux techniques sont connues et adoptées suivant les besoins :

La Réfrigération.

La Congélation.

La réfrigération permet de conserver durant 15 à 20 jours, un mois au maximum, le produit pêché par les petits chalutiers côtiers qui demeurent seulement quelques jours en mer. Dans ce cas l'emploi de la glace suffit. Lorsque les chalutiers ne trouvant plus près des côtes des fonds suffisamment productifs sont dans l'obligation d'aller chaluter sur les fonds éloignés des côtes d'Islande à celles du Maroc ou de la Mauritanie, ou bien sur les bancs de Terre-Neuve ou du Groënland, la durée du séjour en mer atteint plusieurs semaines et même plusieurs mois. Pour des périodes aussi longues, la conservation du poisson a été résolue par la mise en pratique de la congélation, qui permet également la mise en réserve des produits des pêches abondantes et la constitution de stocks capables de compenser un manque d'arrivages.

PLAN D'ETUDE

Dans un premier chapitre nous étudierons la technique de la congélation avec son application :

1° au poisson vivant (à titre documentaire surtout).

2° au poisson mort auquel nous réserverons la plus grande place à cause de son importance économique.

Nous envisagerons successivement dans cette technique de congélation les trois grands procédés utilisés à ce jour.

1° Congélation par contact direct entre le poisson à congeler avec l'agent refroidissant.

2° Congélation par contact indirect avec l'agent réfrigérant.

3° Procédé par circulation d'air froid.

Nous consacrerons ensuite un chapitre à la conservation et aux modifications du poisson congelé, un chapitre au transport.

CHAPITRE PREMIER

TECHNIQUE

A. - Congélation du poisson vivant

De nombreux auteurs, John Franklin, Pictet, ont montré que des poissons peuvent subir sans peine la congélation, pourvu que la température de congélation soit supérieure à —20°.

Les poissons sont soumis à un refroidissement lent et progressif de l'eau dans laquelle ils se trouvent ; l'abaissement de la température jusqu'à 0° doit se faire en 15 à 18 heures. Quand les poissons sont à peu près immobiles on écoule le plus d'eau possible et on fait arriver de l'oxygène pur sous pression. Il se dissout dans l'eau à la faveur de la pression et de la basse température. On procède alors à la congélation à —8°, —10°. On a un bloc de glace qui emprisonne les poissons gelés.

Ce bloc peut être envoyé au loin avec les précautions habituelles ; la décongélation doit se faire lentement et progressivement au voisinage de 0° en une

dizaine d'heures environ, on voit alors les poissons nager.

Il est à remarquer que les poissons qui sont morts peuvent être utilisés pour l'alimentation.

Du point de vue de l'alimentation humaine, la congélation du poisson vivant n'a qu'un rôle secondaire. Elle est surtout utilisée pour le transport à longues distances des alevins, et contribue ainsi largement au repeuplement de nos rivières.

Du point de vue économique et utilitaire, la congélation du poisson mort revêt une importance bien plus grande. Aussi lui consacrerons-nous une part importante de notre travail.

B. - Congélation du poisson mort

Cette conservation par congélation est excellente. La durée de conservation pourrait être infiniment prolongée s'il était économiquement possible de maintenir le poisson congelé à l'abri de l'évaporation et de l'oxydation de l'air.

La congélation aux basses températures réalise, en effet, une fixation des tissus qui les maintient dans leur état initial.

Nous étudierons les trois procédés énoncés plus haut.

1° *Procédé de congélation par contact direct entre le poisson à congeler et l'agent refroidissant.*

On distingue les procédés par immersion dans la Saumure ; ruissellement de Saumure ; pulvérisation de Saumure.

Remarquons de suite que le saumurage est une opération assez délicate.. En effet, la pénétration du sel est d'autant plus prononcée que la saumure est plus concentrée ; mais l'abaissement de la température diminue cette pénétration.

A —14°, la pénétration est faible et nullement décelable à la dégustation.

Différents facteurs modifient la pénétration du chlorure de Sodium :

la dimension du poisson ;

la présence de la peau ;

la texture de la peau ;

les sections musculaires ;

la température du bain de Saumure.

a) La dimension des poissons, en commandant la durée d'immersion, influe sur la quantité de sel absorbé : dans les églefins de tailles différentes congelés dans une saumure contenant 23 % de chlorure de sodium, amenée à —17°, EHRENBAUM et PLANK ont dosé le sel contenu à 5 mm. de la surface cutanée et ont obtenu les résultats suivants :

	avant congélation	après congélation
Gros poissons . .	0,11 %	1,57 %
Petits poissons .	0,17 %	2,05 %

b) La présence de la peau retarde nettement la pénétration du sel, au moins quand le contact ne dure pas longtemps.

Des poissons dépouillés et non dépouillés sont mis dans du sel marin contenant 1 % de chlorure de calcium. Le tableau suivant donne la proportion de chlore trouvé dans 100 parties de substance sèche prélevée à 1 cm. de la surface, après des temps variables de séjour dans le sel :

Pourcentage de chlore après

	22 h.	4 jours	7 jours	13 j.
Poisson non dépouillé	1,7	11,9	18,9	20,3
Poisson dépouillé	9,7	19,8	20,2	20,3

c) La texture de la peau intervient également. C'est ainsi que les poissons blancs prennent plus facilement le sel que les poissons huileux.

d) Les sections musculaires dépourvues de peau favorisent grandement la pénétration de la saumure.

e) La température du bain de saumure modifie la pénétration du sel. Chaque centimètre carré de la surface d'un églefin, congelé dans une saumure contenant 30 % de sel marin, absorbe en 1 heure 1 mg. de chlorure de sodium si la température du bain est — 14° et 15 mg. si la saumure est seulement de —7°,7.

A) *Procédé par immersion* : Procédé OTTESEN

Le poisson vidé, étêté, lavé, est plongé dans l'eau douce aux environs de 0°. Aussitôt, il est immergé dans une saumure à —18° à laquelle on ajoute différents mélanges pour éviter le salage et la déshydratation (Sel marin + salpêtre + gycérine ou sel + ammoniac + chaux). Suivant le volume des pièces, la durée

d'immersion varie de 20 à 75 minutes. A la sortie du bac de congélation le poisson est lavé à l'eau douce qui le débarrasse de la saumure et l'enrobe de glace ; il est ensuite stocké dans des chambres froides à —12°.

La glace d'enrobage s'évapore assez rapidement même à la température de —12°. Il est nécessaire si la conservation est prolongée de pratiquer un nouveau glaçage tous les 3 mois. Le poisson congelé peut être arrimé en vrac, ou le plus souvent enveloppé individuellement dans du papier sulfurisé et mis en caisse de bois d'un poids variable de 25 à 75 kilogs.

C'est là le premier grand procédé employé aux Etats-Unis et en Europe. Mais il présente de sérieux inconvénients qui le firent abandonner. En effet, le poisson d'une densité inférieure à celle de la saumure, se rassemble à la surface du bac et la pénétration n'est pas uniforme et constante ; on a essayé de pallier à cet inconvénient en instituant un brassage méthodique et continu du poisson dans un cylindre de grillage, mais le poisson subit de trop nombreuses mutilations.

B) *Procédé par ruissellement* : DAHL-TAYLOR

Le passage ininterrompu du mélange réfrigérant à la surface du produit à congeler, équivaut à un mouvement constant du milieu ambiant augmentant le coefficient de transmission de la chaleur.

Dans le procédé DAHL, le poisson est placé dans des caisses à claire voie, empilées les unes sur les autres ; la saumure descend de haut en bas, puis est récupérée.

Dans le procédé TAYLOR, les poissons sont suspendus à des chevalets, et sont soumis à une véritable pluie de saumure qui les congèle.

Le procédé TAYLOR présente un inconvénient sérieux, l'eau qui pénètre dans le tunnel sur les denrées à congeler, forme une couche de glace à l'intérieur du tube et empêche en peu de temps le fonctionnement de l'appareil.

C) *Procédé par pulvérisation de saumure :* procédé ZAROTSCHENZEFF

C'est ZAROTSCHENZEFF qui employa le premier cette technique. Elle consiste à utiliser la saumure « atomisée », sorte de brouillard de la solution réfrigérante, et à en envelopper le produit à conserver. Le procédé est moins favorable à la pénétration des sels que l'immersion directe ou le ruissellement.

Pour éviter le glaçage de la Saumure à l'intérieur du tunnel, le poisson est précongelé avant son introduction dans le congélateur à convoyeur à vis. En précongelant à une température de —3°, l'eau qui se trouve à la surface du poisson donne une pellicule de glace, et sous cette forme solide l'eau n'est pas transférée sur la paroi interne du congélateur.

Le tunnel de ZAROTSCHENZEFF comprend trois pièces :

1° une chambre de précongélation à la température de 0°.

2° une chambre de congélation.

3° une partie où le poisson est rincé à l'eau douce et glacée.

Ce procédé est utilisé en Allemagne pour la production des filets de morue congelés.

Les filets de morue préparés mécaniquement, sont emballés sous cellophane en paquets de 6 kgs et placés dans des boîtes métalliques en alliage d'aluminium. 54 de ces boîtes sont placées sur 9 rangées, sur un petit wagonnet qui est introduit dans la chambre de congélation. Là, le poisson est soumis à l'action d'une saumure de chlorure de Sodium, refroidie et atomisée en un fin brouillard, qui est recueillie au fond de l'appareil pour être remise en circulation pendant la durée de l'opération.

On a présenté en Norvège, l'armoire à congélation qui remplace avantageusement le tunnel pour la production des filets congelés.

Les filets sont emballés sous cellophane et placés dans des caissettes en alliage d'aluminium. Celles-ci posées sur des chariots sont introduites dans l'armoire compartimentée. Ces armoires au nombre de 12, sont revêtues de tôles d'acier émaillées et isolées par des plaques de liège de 18 cm. d'épaisseur ; sur les deux parois latérales se trouvent les « buses de pulvérisation » de saumure, celle-ci est recueillie au bas de l'armoire et retourne au bac de refroidissement par l'intervention de pompes. Cette installation permet de livrer 80 tonnes de poissons en 24 heures.

A ces différents procédés de congélation par contact direct on doit ajouter le procédé de congélation par la glace sèche.

Des essais furent faits à Arcachon en 1934 ; le poisson est mis en contact direct avec la glace carbonique ; il est congelé très rapidement et devient très dur. Sous cette forme il peut être conservé sans la moindre trace d'altération pendant les durées pratiquement illimitées. Après sa sortie de l'emballage, le poisson réchauffé progressivement au contact de l'air ambiant reprend son aspect primitif.

Cette technique gagnerait à être reprise, elle présente des avantages :

— Absence d'humidité.

— Action antiseptique de l'anhydride carbonique.

— Présence dans le Sud-Ouest, à Toulouse, de l'usine O. N. I. A.

2° *Procédés de congélation par contact indirect entre le poisson à congeler et l'agent refroidissant.*

L'avantage de ces procédés est dû à l'emploi de la saumure au chlorure de calcium qui permet une température plus basse, et aussi une congélation plus rapide. On se rendra compte, avec plus de détails dans le chapitre « modifications subies par le poisson durant la congélation », que cette opération doit être effectuée très rapidement, de manière que la température au centre de la partie la plus épaisse tombe de 0° à —5° en

moins d'une heure. La congélation doit être ensuite poursuivie jusqu'à ce que la température du poisson s'abaisse à —18° ou à une température plus basse même, mais le refroidissement n'a plus besoin d'être aussi rapide que le refroidissement initial. De plus une congélation rapide ou ultra-rapide entraîne à l'intérieur du poisson la formation de cristaux de glace qui ne détruisent pas l'harmonie cellulaire. Enfin la congélation rapide du poisson limite au minimum le phénomène de dénaturation des substances azotées. Cette dénaturation est d'autant plus importante, que les protéïnes sont plus longtemps en contact avec le liquide contenu dans la chair sous forme de jus.

La rapidité de congélation joue donc un rôle primordial dans la production du poisson congelé.

A) *Procédé* PETERSEN :

Les poissons sont introduits en bloc ou séparément dans des mouleaux métalliques qui sont immergés dans une solution chloro-calcique à —30° environ.

B) *Procédé* KOLBE :

Les produits sont placés dans des sortes de plateaux peu profonds, mais le couvercle peut emprisonner une certains quantité d'air et se fermant. Cet air, au moment où tout le système sera plongé dans la solution de chlorure de calcium, empêchera la saumure d'arriver au contact des denrées.

C) *Procédé* COOKE :

On emploie ici une solution de chlorure de calcium à —23° c qu'on fait circuler entre les doubles parois de plateaux chargés et empilés les uns sur les autres. Ainsi le fond d'un plateau refroidit le dessus du plateau inférieur en même temps que les denrées placées au-dessus de lui.

D) *Procédés* BIRDSEYE :

Ici les produits à conserver sont placés entre deux courroies métalliques qui les entraînent d'une extrémité à l'autre d'un tunnel. Au-dessus et au-dessous des courroies la saumure de Cl^2 Ca est pulvérisée ; on a ainsi une congélation continue, cependant la température nécessaire est de —42° c.

Enfin BIRDSEYE imagina le « Multiplate Forster », congélateur à plaques multiples.

Les plateaux creux destinés à recevoir le poisson, sont traversés par des canaux où circule l'agent frigorigène constitué par une saumure de chlorure de calcium ; les plateaux sont mobiles, ils peuvent être écartés ou approchés. Le procédé BIRDSEYE est le point de départ d'une série d'appareils frigorifiques de congélation très perfectionnés.

Armoire frigorifique à étagères :

L'appareil est un meuble frigorifique contenant plusieurs plateaux métalliques superposés et creux, destinés à recevoir des cartons remplis de filets de poisson ;

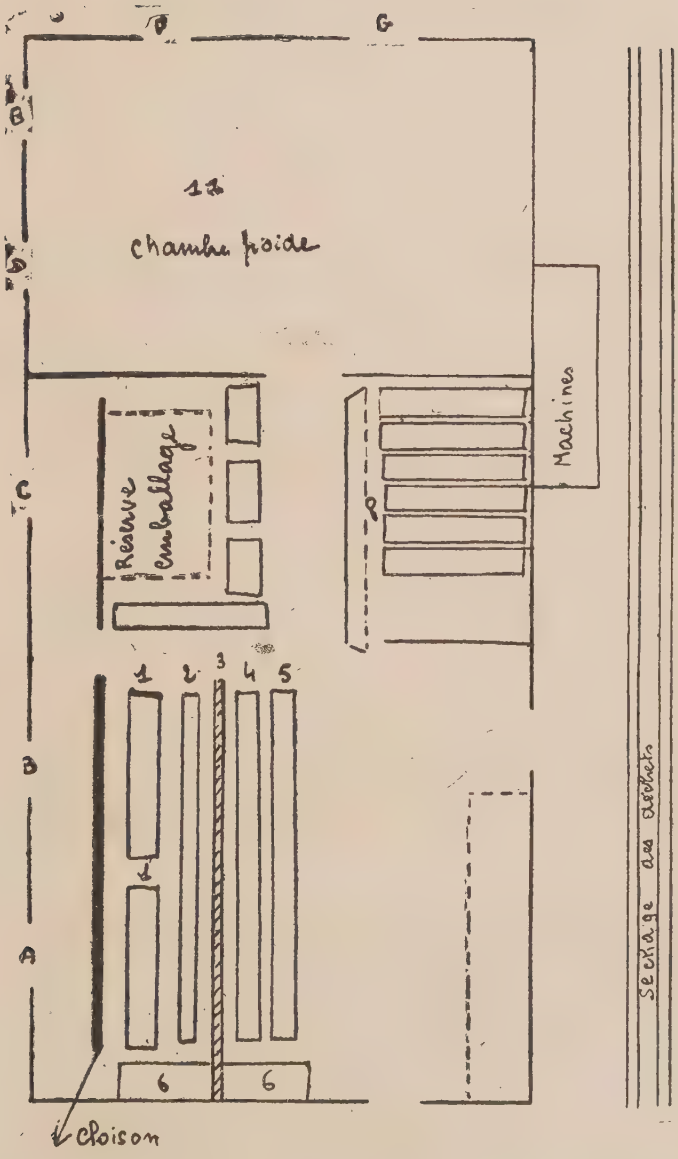

Schéma d'une usine de congélation de poisson

l'intervalle qui existe entre eux peut se régler à volonté. Les filets de poisson à traiter sont empaquetés dans des cartons résistants et placés sur les plateaux ; on les rapproche de manière à ce qu'il y est contact intime du colis avec les plaques métalliques, éliminant ainsi tout matelas d'air nuisible à la transmission du froid.

La température est abaissée par circulation d'ammoniac dans les tuyaux placés à l'intérieur des plateaux creux.

La bonne présentation des produits obtenus, propres, emballés dans des feuilles de cellophane et dans des cartons paraffinés, fait apprécier et consommer le produit congelé.

Chaque groupe de congélateur est constitué par 10 unités pouvant congeler chacune 9 blocs de filets de poisson de 7 à 8 centimètres d'épaisseur et pesant 9 kg. chacun. La congélation est complète en 2 h. 40 minutes. On traite ainsi par ce procédé 9 à 10 tonnes en 24 h. Ce type d'armoire frigorifique par contact imaginé par BIRDSEYE a été transformé et modernisé par les constructeurs.

Les ateliers et chantiers de la Loire ont réalisé un meuble à refroidissement par contact qui s'apparente avec les meubles à plateaux mais qui en diffère par les points suivants :

1° un plateau refroidisseur sur deux est fixe, au lieu que dans le procédé BIRDSEYE, tous les plateaux sont mobiles.

2° la circulation du liquide réfrigérant ne s'effectue pas en parallèle dans les plateaux fermés, mais à lieu par écoulement en cascade d'un distributeur alimentant le plateau mobile supérieur à un bac placé en bas du meuble.

Un autre type d'armoire comporte 10 paires de plaques réfrigérantes ; chaque paire étant constitué par un plateau fixeet par une plaque mobile, entre lesquels sont introduits les paquets à congeler, la liaison entre les deux plaques se fait par un dispositif déformable élastiquement. Un dispositif électrique rapproche les plaques mobiles des plaques fixes pour permettre l'introduction des paquets à congeler. Le chargement effectué, les plaques mobiles sont ramenées à leur position initiale en assurant ainsi le contac avec les deux faces du paquet.

Enfin un autre type d'armoire, consiste à changer le sens des plaques réfrigérantes, celles-ci sont verticales ainsi l'air introduit est presque inexistant lorsque l'appareil est garni.

E) *Procédé* Hoveman ou Cryovac

Les poissons sont enfermés séparément dans une enveloppe de latex, dans laquelle on a fait le vide ; on soumet à l'action d'une pluie de saumure à —21°. Il semble cependant que ce procédé ne puisse être employé sur une grande échelle pour le poisson, en raison

des dimensions variées des sacs à utiliser et de la main-d'œuvre importante qui est nécessaire. Cependant il serait avantageusement appliqué aux espèces de choix qui peuvent payer une manutention plus soignée.

3° *Procédés par circulation d'air froid.*

Nous étudierons les tunnels classiques et les appareils spéciaux.

A. - *Les tunnels*

Les divers tunnels ne diffèrent que par la disposition de leru éléments constitutifs : le principe en est toujours le même.

Des ventilateurs puissants envoient l'air atmosphérique dans des frigorifères à détente directe ou à circulation de saumure. Cet air refroidit est propulsé ensuite à grande vitesse dans les tunnels de congélation.

La vitesse du courant d'air conditionne la durée de congélation du produit ; des constatations ont prouvé que la vitesse de circulation de l'air a une plus grande influence sur la rapidié de la congélation que l'abaissement de la température. Ainsi la vitesse de congélation augmente de quatre fois, par rapport à une congélation ordinaire, pour une vitesse de l'air de 10 m. seconde, elle n'augmente que de 2 fois pour une vitesse de 3 m. seconde.

Pourtant la dessiccation qui résulte de la grande vitesse de l'air est un inconvénient grave du procédé, c'est pourquoi on préfère la vitesse de 3 m./sec. à celle de

10 m/sec. ; et on se prépare plus que des produits emballés, en caisse de métal, de bois ou de carton évitant toute évaporation.

Ce procédé de congélation rapide dans un tunnel a été mis en pratique en Allemagne sur une grande échelle.

C'est le procédé AIRBLAST.

A l'usine de Melbo, les filets provenant de poissons très frais, étêtés, vidés et découpés à la main, écorchés à la machine, étaient rassemblés par blocs de 5 kgs 500 environ, enveloppés de papier sulfurisé puis placés dans des moules en métal ouverts à la partie supérieure et mesurant 41 cent. de long, 34 de large, 5,5 de haut.

Après avoir été mouillés pour éviter toute perte de poids par dessiccation pendant la congélation, ces moules placés en long par rangées superposées de trois ou de quatre sur des cadres métalliques, étaient transportés par une courroie de transmission vers un tunnel où ils étaient soumis pendant 2 ou 3 heures à l'action d'un violent courant d'air refroidi à —22° c.

A leur sortie les filets sont dégagés des moules (ouverts à leur face supérieure) dans une chambre d'emballage à —12° C et placés dans des boîtes de carton ciré, puis entreposés à —18° C. L'usine de Melbo fournissait à l'Allemagne, durant la guerre, 48 tonnes de filets par jour.

Au Maroc, ce sont les sardines qui sont congelées au tunnel. Les installations récentes comportent : des chambres froides à isolation renforcées et un tunnel également à isolation renforcée particulièrement sur le sol (45 cm. d'épaisseur de liège).

L'air y circule à —35° sous l'action de ventilateurs électriques dont la marche est reversible pour permettre une congélation plus régulière dans la totalité du tunnel. Les sardines placées sur des plateaux de bois en chariot, attendent dans une antichambre à 0° C, puis pénètrent dans le tunnel où elles sont congelées à cœur et entreposées à 18° C. Ce procédé ne grèvait le prix de revient que de 1 franc par kilog en 1946 (0,80 pour la congélation, 0,20 pour l'entreposage).

B. - *Appareils spéciaux*

— Appareil à chargement discontinu.

— Appareil à chargement continu.

a) *Appareil à chargement discontinu :*

C'est un meuble à refroidissement par circulation d'air, dans lequel on introduit périodiquement des chariots chragés à l'avance des produits à congeler. Il est de faibles dimensions, par rapport à la production dont il est capable. La température de refroidissement d'air réalisée est de l'ordre de —30° ; la vitesse de l'air sur les produits, de l'ordre de 6 m. seconde.

Ces conditions ont pu être réalisées dans un très faible espace car :

1° au lieu d'agir sur le sens du courant d'air pour attaquer les produits à congeler sur toutes leurs faces, c'est l'orientation des produits qui est modifiée périodiquement par rapport à un courant d'air de direction constante.

2° au lieu d'avoir à répartir l'air fourni par un ventilateur unique, dans une section forcément de plus grandes dimensions que ce dernier, plusieurs ventilateurs répartissent d'eux-même l'air à débiter dans la section, en se présentant chacun en face de la dite section.

Les produits à congeler peuvent être introduit en vrac, soit dans une série de paniers superposés, soit en boîtes.

b) *Appareils à chargement continu :*

Tous les appareils examinée ci-dessus sont à chargement discontinu, c'est-à-dire que l'on introduit à l'intérieur du tunnel ou de l'appareil les produits à congeler et qu'on les retire une fois la congélation effectuée pour introduire à nouveau un chargement de produits à congeler. Pour réaliser des productions importantes plus rentables on utilise les appareils à chargement continu.

Voici le type d'un de ces congélateurs :

Il comporte à l'intérieur d'une enceinte fortement isolée, un système de chaînes transporteuses animées d'un mouvement d'avancement, à vitesse réglable, qui assure la translation des produits à congeler à l'intérieur de l'appareil.

Les produits peuvent être disposés, soit en paquets fermés classiques, soit en paquets ouverts, soit aussi en vrac à l'intérieur des paniers spéciaux de manutention que comporte l'appareil. Un dispositif automatique de chargement réalise l'introduction des produits à congeler à l'intérieur de l'appareil et leur mise en place sur la chaîne transporteuse, ceci sans introduction d'air extérieur, un dispositif de sas automatiques étant judicieusement prévu. Les produits se déplacent entre deux gaines de circulation d'air qui comportent des ouvertures en forme de tuyères, assurant une succession de jets d'air froid sur les produits, aussi bien au-dessous qu'au-dessus de ceux-ci. Dans cet appareil il y a une charge maximum de produit pour peu d'énergie dépensée c'est-à-dire que le rendement de l'appareil atteint un rendement maximum.

*
* *

Nous avons envisagé successivement les grandes techniques de la congélation, congélation en saumure, congélation par contact, congélation par circulation d'air sec et froid.

Nous devons ajouter à cette étude, un procédé de congélation par contact sur uyaux avec courant d'air froid, et le procédé de congélation par immersion dans l'oxyde azoteux liquide.

a) *La congélation par contact sur tuyaux avec courant d'air froid :*

Les congélateurs sont constitués par 10 étagères formées par 15 rangées de tubes à ammoniaque, sur lesquels sont placées sur une seule épaisseur les plateaux chargés de poissons.

La congélation se fait ainsi par conduction, mais l'air est maintenu constamment en mouvement à travers les tubes par deux ventilateurs ; des chicanes appropriées règlent la circulation de cet air refroidi.

Les filets sont congelés et amenés à —30° C en 1 h. et demie à deux heures.

Une circulation de vapeur, pendant une demi-heure par 24 heures de travail, permet le dégivrage régulier des tuyaux de réfrigération.

b) *Congélation par immersion dans l'oxyde azoteux liquide*:

Cette installation a été découverte en Allemagne.

Elle comprend deux parties :

1° Un gazomètre où est comprimé le protoxyde d'azote, un condenseur où le gaz est liquéfié. Entre le compresseur et le condeuseur existe un four à soude ou à potasse où le gaz est purifié.

2° Une installation frigorifique à ammoniaque qui refroidit en deux temps le protoxyde d'azote et l'amène à —90° C. Le protoxyde d'azote est alors envoyé dans un réservoir contenant les denrées alimentaires emballées ou non où il s'évapore en les refroidissant. Le gaz évaporé et froid passe dans un réservoir contenant les denrées préparées pour l'opération suivante et les refroidit en se réchauffant avant de retourner au gazomètre où le circuit recommence. Les pertes sont tenues pour négligeables. Les denrées ne sont pas altérées par le protoxyde d'azote.

CHOIX D'UNE METHODE

Nous avons étudié les techniques courantes de la congélation du poisson ; il serait normal maintenant de dire celles qui méritent de prendre place pour les avantages qu'elles présentent. Mais les méthodes utilisées à ce jour donnent toutes de bons résultats.

Poissons bien conservés, vitesse moyenne de production assez grande. Le choix de la méthode réside :

1° dans le but recherché (poisson entier ou filets).

2° dans l'espèce de poisson à conserver.

3° dans la main-d'œuvre disponible.

De toute façon un congélateur, quelqu'il soit, donnera de bons produits s'il est bien manœuvré, on entrevoit donc le rôle que peuvent jouer les spécialistes et les techniciens dans l'industrie frigorifique.

*
* *

Après avoir présenté les différentes techniques de congélation du poisson, nous décrirons rapidement le fonctionnement d'une usine moderne de congélation en suivant la marche du poisson depuis sa sortie de l'eau jusqu'à son entrée aux salles de stockage.

Le poisson est, aussitôt sa capture, étêté, vidé, rincé et immédiatement conservé en cale réfrigérée avec de la glace.

La pêche terminée, les bateaux rejoignent rapidement le port où le poisson débarqué est aussitôt dirigé vers les ateliers de congélation situés à proximité des quais de débarquement et où il est immédiatement tranché, fileté et congelé. L'opération est parfois terminée 7 heures après le débarquement du poisson, elle ne dépasse généralement pas 12 heures.

Une usine moderne est généralement constituée par un bâtiment en ciment armé d'un seul étage. Le croquis ci-contre montre la disposition d'une installation classique et permet de suivre les différents stades de la préparation des filets congelés depuis l'arrivée du poisson frais à l'usine jusqu'au filet congelé attendant le moment d'être exporté. Les wagons arrivent par la voie d'accès A et B et déchargent le poisson sur le plancher dans un secteur séparé de la section « filetage » par une cloison basse.

En A et B un ouvrier s'empare des poissons et les jette dans les bacs (1) à l'eau courante où le poisson est lavé.

Entre ces bacs et la longue table de bois (2) se tiennent les ouvriers filteurs qui se saisissent des poissons un par un et les placent sur la table ; ils lèvent les filets sur chaque côté à l'aide d'un couteau spécial très effilé, poussent les déchets sur une courroie de transmission (3) qui les conduit à un réservoir où ils s'accumulent (6) d'où ils seront portés sur des claies de séchage à l'extérieur de l'usine (14) ; ensuite, ils jettent les filets sur une longue table de bois (4).

Sur cette table, cinq ouvriers inspectent les filets, les plongent dans la saumure et les placent dans des plateaux carrés en acier pouvant contenir chacun 15 kgs de filets ; puis, ces plateaux sont disposés sur une longue table de bois disposée parallèlement à la précédente, où les filets sont séparément pesés, remis en paquets de 3 kg. 500, soigneusement emballés dans du papier parcheminé et dirigés vers les appareils de congélation rapide (8).

Il y a 6 appareils à congélation rapide, l'agent frigorigène est l'ammoniaque. Chaque appareil a 9 étagères portant chacune 3 plateaux, soit 27 plateaux ; ce qui fait 162 plateaux pour les 6 appareils en série qui peuvent être surveillés par un seul ouvrier.

Les plateaux restent 100 minutes dans l'appareil à —40° C. Ils sont ensuite retirés et reviennent par un guichet à sas dans la salle principale de travail où ils sont plongés dans un bac à eau froide (10) pour faciliter le dégorgement des filets. Les plateaux vides sont placés sur la table (9) et renvoyés au remplissage.

Les blocs de filets congelés sont rassemblés dans des cartons spéciaux placés près des bacs. Ils peuvent contenir 8 paquets de 7 livres. Ces cartons sont ensuite cerclés d'une bande de fer et transportés à la chambre froide à —22° (11) où ils attendront leur expédition.

CHAPITRE II

CONSERVATION - MODIFICATIONS

Nous avons étudié les différentes techniques capables de fournir le poisson congelé de bonne qualité. Maintenant se pose le problème très important de sa conservation et de son transport.

Le poisson peut être emmagasiné tel qu'il sort du bac de congélation, mais ordinairement, pour éviter la perte de poids, la décoloration et la déchirure des surfaces pendant les manutentions, on le protège d'une enveloppe spéciale que l'on met en place avant ou après la congélation.

1° *Protection du poisson avant sa congélation.*

Tout produit destiné à envelopper le poisson doit présenter les qualités suivantes :

— ne pas être toxique ;
— n'avoir ni odeur, ni saveur propre ;
— être résistant à l'humidité, de sorte qu'après avoir été imprégné de jus il ne se ramollisse pas, en risquant de se déchirer rapidement ;

— ne devenir cassant qu'à de très basses températures ;
— être d'un emploi facile ;
— être bon marché ;
— protéger au maximum contre la déshydratation ;
— ne pas adhérer au produit ;
— être imperméable aux corps gras ;
— être susceptible de recevoir facilement des marques destinées à l'identification du contenu.

D'après les expériences faites aux Etats-Unis, les feuilles d'aluminium se sont montrées supérieures aux papiers utilisés, ainsi qu'au papier doublé de cellophane ; mais il est nécessaire que l'enveloppe soit serrée autour du produit, pour éviter la pénétration de l'air. Les experts concluent en donnant à l'aluminium le maximum 100 :

— Aluminium 100
— Cellophane 75
— Papier 50.

L'Aluminium peut être utilisé seul ou associé à d'autres isolants : cellophane, papier sulfurisé.

Récemment la « RAPINWAX PAPER C° » a fabriqué un emballage nouveau pour les produits congelés, le « FOILRAP » qui consiste en une feuille d'Aluminium et une feuille de papier sulfurisé accolées et recouvertes sur les deux faces d'un enduit thermoplastique de collage à chaud appliqué par trempage.

Des études de laboratoire ont révélé une diminution de 20 % du temps de congélation, une amélioration de

la protection contre l'humidité et une diminution de la déshydratation.

Sous la protection de cette première enveloppe, le poisson peut être introduit dans des boîtes de carton paraffiné ; il possède une isolation totale.

Les expériences ont montré la mauvaise qualité de l'emballage en caissette de bois ; celle-ci n'assure pas une étanchéïté parfaite.

2° *Protection du poisson après congélation* - C'est le glaçage.

Quand la congélation se pratique à l'air, le glaçage est rapide. Il suffit de plonger séparément les pièces dans l'eau douce maintenue au voisinage de 0°.

Le glaçage des poissons congelés en saumure est plus délicat, à cause de la présence du sel en surface. Il est nécessaire de les plonger au moins à deux reprises dans l'eau, mais souvent davantage. La couche de glace formée est d'épaisseur variable : 2 à 3 mm. Son poids varie avec la forme du poisson.

La glace d'enrobage s'évapore assez facilement même dans les entrepôts à —12° C. Il est nécessaire, si la conservation est prolongée, de procéder à un nouveau glaçage tous les trois mois.

Le poisson placé sous la protection d'emballages convenables doit être mis dans un lieu où il trouvera les conditions indispensables à une bonne conservation. Le poisson a été traité à basses températures il doit être conservé à basse température.

SALLES DE STOCKAGES.

Elles sont généralement adjointes à l'usine de congélation et peu éloignées des congélateurs. Le poisson a subi l'action du froid au congélateur, la chaîne ne doit pas être rompue, il doit toujours être sous l'influence des basses températures.

Les salles sont vastes, de forme parallélipipédique, généralement construites en ciment armé. Elles présenteront le minimum d'ouvertures. Celles-ci joindront parfaitement afin d'éviter toute déperdition de froid (portes à battant avec joint de feutre ou de caoutchouc mousse au fond de la feuillure de l'encadrement).

Les produits sont transportés par rail aérien ou ascenseur, sans quitter le bloc frigorifique de l'usine. Les caisses sont empilées en bloc compact pour éviter au maximum les déperditions de froid.

Les qualités essentielles d'une salle de stockage sont :

— son isolation ;

— sa température ;

— son degré hygrométrique.

1° *Isolation des salles :* Malgré leur grand volume, les salles doivent présenter une température uniforme. Il faut donc veiller à leur construction.

La plupart des salles de stockage sont limitées par des murs epais de ciment, mais cela n'est pas suffisant. Il faut y joindre à l'intérieur un isolant qui assurera une étanchéité totale au froid.

De nombreux isloants sont utilisés dans les chambres de stockage.

Les plus en faveur sont :

— l'Ebonite mousse avec un coefficient de conductibilité de 0,025, livrée en planches de 1 m. 04x1 m. 04, les épaisseurs courantes allant de 5 à 30 mm.

— La fibre de verre (ouate de verre, laine de verre) avec un coefficient de 0,035, livrée en bourres, en matelas, en couvertures, en panneaux parallépipidiques protégés par du papier bitumé.

— L'Iporka avec 0,030 de coefficient, obtenu par émulsion d'un mouillant convenable auquel on additionne une solution d'urée et de formaldéhyde, la mousse obtenue est solidifiée en plaques.

— Le liège aggloméré de coefficient 0,03, mais une épaisseur assez grande, 10 à 18 cm., est nécessaire.

— L'isoflex, l'Aluminium.

Dernièrement le « Styrofoam 103,7 » obtenue par insuflation de matières inertes en faibles quantités dans le polystyrène.

Le styrofoam 103,7 est très rigide et très résistant aux basses températures.

2° *Température des salles* : Le poisson ayant été congelé à une température très basse, doit être conservé à une température très basse. La température de —10°, longtemps utilisée, est nettement insuffisante car à —10° toutes les espèces de poissons se détériorent en quelques semaines, probablement par l'action des enzymes.

Maintenant on prend pour base une température de —18°. Certains prétendent que la température de —23 améliore sensiblement la qualité du poisson, les Américains adoptent —30°.

Voici quelques chiffres qui fixent les limites d'acceptation du poisson.

	Conservation à		
	—10°	—20°	—30°
Poissons à chair blanche	1 mois	4 mois	8 mois
Filets de harengs	3 sem.	2 mois	4 mois 1/2

3° *Degré hygrométrique* : La chambre de conservation des poissons congelés doit présenter une humidité suffisamment grande, pour s'opposer à une dessiccation trop marquée.

*
* *

Malgré les meilleures conditions de préparation et de conservation, le poisson congelé n'en subit pas moins quelques modifications qu'on tendra de plus en plus à restreindre par l'emploi de techniques parfaitement étudiées.

A. - *Modifications physiques :*

Congelé à l'air et sans protection le poisson se ratatine et perd son aspect brillant, du fait de la transformation du mucilage qui imprègne les écailles. Ce phé-

nomène ne se produit pas, lorsque le poisson est emballé avant son entrée au congélateur.

Après un entreposage prolongé, la coloration varie par oxydation des pigments contenus dans la peau, mais quand le poisson a été glacé il change peu de couleur.

Le goût des poissons gras peut s'altérer et atteindre un fort degré de rancidité.

Les modifications physiques seront d'autant plus rares et plus faibles, que le poisson aura été congelé plus frais. Le froid en effet, est un agent stabilisateur de la qualité, mais il n'opère pas le miracle de redonner la fraîcheur à un produit avarié. Il est à remarquer qu'après décongélation rationnelle, la peau des poissons s'oppose à la pénétration des germes extérieurs avec une efficacité égale à celle du poisson frais.

B. - *Modification histologiques et physiologiques*

Lors de la congélation d'un tissu il se forme à l'intérieur de celui-ci, des cristaux de glace plus ou moins volumineux : phénomène que l'on peut vérifier par des examens microscopiques.

Cet effet du froid a déjà été étudié au XVIII[me] siècle. Les botanistes DUHAMEL, GENÉBIER, RAFON, ont constaté les délabrements histologiques des tissus gelés. Ils en ont conclu que les glaçons se formaient dans la cellule et déchiraient sa membrane.

Plus tard, VON GOPPERT conteste cette opinion et remarque que les cristaux de glace se forment, non

pas dans l'intérieur de la cellule, mains dans les espaces intercellulaires écartant et dissociant ainsi les différents éléments des tissus. Le froid ne détermine donc qu'une plasmolyse, l'eau étant attirée et gelée en dehors de la cellule elle-même.

En 1924, l'Allemand KALLERT prouve qu'aucune de ces deux théories n'est absolue. Après une congélation rapide, on remarque à l'examen microscopique, des cristaux formés à l'intérieur de la fibre musculaire. Ces cristaux sont d'autant plus fins que la congélation a été conduite plus rapidement.

Des chercheurs apportent ensuite à l'appui de cette opinion de nombreuses microphotographies, et PLANK peut regrouper les résultats acquis par diverses expériences :

a) En congelant un tissu à la température de l'air liquide, ce qui correspond à une vitesse de congélation de 12 cm/heure, on ne remarque au microscope aucune modification histologique.

c) Si dans un bain de saumure on porte la température à —15° C (vitesse de congélation 10 cm/heure) l'opération terminée, on peut voir un agent granuleux de la cellule qui correspond aux multiples foyers de cristallisation fine, régulièrement disséminés dans le protoplasme.

A partir de ce moment la grosseur des cristaux va augmenter et le nombre des foyers diminuer à mesure que la vitesse de l'opération sera moindre.

c) Si on abaisse la vitesse de congélation à 5 cm/heure, on remarque la formation d'un gros moyeau de cristallisation unique et situé au centre de la fibre.

d) A une vitesse de 2 cm./heure le gros moyeau est excentrique et peut déchirer le sarcolemme.

Enfin, à un dernier stade, si on congèle à l'air froid, à la vitesse de 0 cm. 1/heure, les éclatements des membranes seront tels que les liquides épanchés dans les interstices inter-cellulaires se prendront en masse et altéreront encore plus, en les dissociant, les fibres musculaires déjà en parties brisées.

A titre d'exemple nous pouvons noter que WILD a trouvé une différence dans la taille de ces cristaux, allant de 265 μ à 60 μ pour du poisson congelé dans l'air pour le premier cas, congelé très rapidement dans le deuxième cas.

La congélation lente favorise donc la constitution de gros cristaux qui peuvent provoquer d'importants désordres tissulaires. Nous voyons ainsi tous les avantages que peut apporter une congélation rapidement faite.

Ceci se vérifie et prend toute son importante quand il s'agit pour utiliser les denrées de les décongeler. Il s'écoule alors une sérosité abondante qui représente une grande partie de l'eau de constitution précédemment solidifiée. Cette perte sera d'autant plus grande que la congélation se sera effectuée lentement, donc à haute température.

En conclusion :

La congélation lente favorise la formation de gros cristaux alors que la congélation rapide s'accompagne de petits cristaux.

L'importance des désordres tissulaire est fonction de la dimension des cristaux.

D'après PIETTRE « l'idéal serait donc d'effectuer la congélation avec une telle rapidité que l'eau se trouve solifiée dans l'état de division où elle se trouve dans les liquides biologiques.

C. - *Modifications chimiques*

Dans les procédés par saumurage, il se produit un enrichissement du poisson en chlorure de sodium, malgré tout assez faible, car le poisson passé à la saumure refroidie ne présente pas une concentration en chlorure supérieure au 1/20^{e} de celle acquise dans la conservation du poisson par le salage.

Phénomène d'autolyse et d'oxydation :

L'oxydation porte sur les graisses pour en provoquer le rancissement, cette modification est d'origine externe.

Le processus d'autolyse porte sur les matières albuminoïdes, avec mise en liberté d'acides aminés, cette modification est d'origine interne.

Toutes ces modifications sont très faibles, elles ne diminuent en rien la valeur nutritive du poisson conservé qui présente le même coefficient de digestibilité que le poisson frais. Pour les Danois le foie de morue présente après congélation un meilleur rendement en huile. C'est là un point intéressant à vérifier pour la production rationnelle d'un agent thérapeutique de bonne valeur.

CHAPITRE III

TRANSPORT

L'application du froid doit être continue depuis le moment où les produits sont récoltés, jusqu'au moment où ils sont consommés. Cette règle est d'ailleurs évidente si l'on se souvient que le froid, à l'encontre des autres procédés de conservation, n'est pas un antiseptique ; il ne détruit pas les microorganismes contenus dans les denrées périssables, il a sur eux une action seulement retardatrice.

C'est un protecteur qui étend une couverture froide, la « COLD BLANKET » des Américains, sur les denrées. Dès que son application cesse, sa protection cesse également. Les microbes reprennent leur action et c'est là justement le « miracle du froid » de conserver la vie aux denrées alimentaires et de permettre aux consommateurs d'avoir, non plus des produits stériles, des produits morts, mais bien des produits vivants dans toute l'acceptation du terme, avec leur fraîcheur, leurs qualités et aussi leurs vitamines.

Le but à atteindre est donc le maintien des denrées dans leur état initial de vie normale. C'est ce que les Américains appellent la « LIFE LINE ».

Il faut maintenir « la life line » entre le point de production et le centre de consommation. Ce sont donc les transports frigorifiques qui constituent le maillon essentiel de la chaîne frigorifique.

Les moyens de locomotions sont variés, les poissons congelés peuvent emprunter différentes voies suivant les dispositions du terrain à parcourir et suivant les exigences de la consommation : locomotion par terre, mer, air.

A. - LOCOMOTION PAR TERRE.

1° *Le camion frigorifique*

Il peut être intéressant de fixer quelques données générales sur le conditionnement d'un camion isotherme ou réfrigérant judicieusement construit.

Quatre points seront étudiés :

— Le chassis.

— L'armature de la caisse.

— L'isolation.

— Le mode de réfrigération.

1° Le chassis sera de série, mais tous les efforts seront faits pour le rendre le plus léger possible afin de diminuer le poids mort et d'augmenter la charge utile.

2° La caisse sera très légère. Aux cascasses en acier robustes mais lourdes on préfère le bois ou les alliages

légers. Il faudra éviter les « points de fuite », c'est-à-dire tous contacts entre les parois internes et externes de la caisse.

Il existe maintenant trois types de caisse :

— caisse extérieure isolée.

— caisse isolante : elle présente l'inconvénient d'être lourde.

— caisse indépendante : c'est la caisse idéale, elle ne présente aucun point de fuite.

3° Isolation. - Il faut en réduite le poids et parer aux effets destructifs des vibrations ou des déformations que subit la carrosserie. L'isolant idéal pour carrosserie automobile, doit être léger, posséder un pouvoir isolant maximum, ne pas être hygroscopique, et enfin avoir une structure susceptible de résister aux vibrations et aux déformations.

— Le liège, isolant excellent, non hygroscopique et résistant, a cependant une densité trop élevée (140 kg/m3).

— La laine de verre, légère, isolante, est hygroscopique.

— L'iporka, trop hygroscopique, est trop fragile.

— L'isoflex, présente toutes les qualités requises, il est constitué par des feuilles ondulées d'acétate de cellulose. Les ondes des couches successives sont perpendiculaires les unes aux autres, de sorte que les joints de contact entre les couches sont réduits au minimum.

En plus de cette isolation déjà importante il est nécessaire de préserver la caisse intérieurement et extérieurement. Les parois intérieures et extérieures sont revêtues de Duralinox H avec couvre-joint en aluminium. Le plancher de chêne sera recouvert aussi de duralumin.

L'accès à la caisse se fait par deux portes isolantes verticales comportant deux joints de caoutchouc mousse dans la feuillure et un double système de blocage.

4° Le mode de réfrigération. Pour les transports à courte distance le camion isotherme suffit, mais pour les transports de longue durée il est nécessaire de refroidir l'intérieur du camion à —18° et 20°.

Quatre modes de réfrigération :

a) Mélanges eutectiques. Ce mode de réfrigération, peu utilisé en France, a pris un développement important aux Etats-Unis.

Le principe est le suivant : Un corps A est en solution dans un liquide B. Lorsqu'on refroidit le système AB, le solvant B se sépare à l'état de cristaux purs, et la concentration de la solution croît quand elle se congèle. Si l'on refroidit suffisamment, il arrive un moment où la solution est saturée et où le corps dissout A commence à se séparer. Il se forme ainsi un mélange de cristaux du solvant B et du corps dissout A, c'est le *mélange eutectique*. Ce mélange eutectique est stable à une température plus basse que celle des corps A et B. Ce mélange, en se décongelant devient un générateur de froid ; on l'utilise de deux façons :

— cartouches eutectiques amovibles.
— bac avec serpentins évaporateurs contenant le mélange eutectique.

α) Les cartouches eutectiques amovibles (réservoir cylindrique contenant le mélange) : Elles sont refroidies dans les chambres froides et chargées journellement ou deux fois par jour dans les camions. Ce mode de réfrigération nécessite donc une chambre froide et une manutention importante.

β) Bac avec serpentins évaporateurs contenant le mélange eutectique. Un compresseur placé soit sur le camion, soit au garage ou stationne le véhicule pendant la nuit permet, par détente directe dans les serpentins, l'abaissement de température du liquide eutectique, lequel fait fonction d'agent frigorigène pendant le temps d'utilisation du camion.

b) Mélange glace et sel avec ventilateur pour la circulation forcée d'air. On lui reconnaît l'avantage de ne pas comporter d'installation mécanique et de donner un bon degré hygrométrique. On lui reproche le poids mort, le volume occupé par les bacs, l'obligation de chargement en glace au cours de route.

c) Glace sèche et glace ordinaire. Système simple, avec bac à trois compartiments. Dans celui du centre est disposée une réserve de glace carbonique qui permet la congélation de la saumure se trouvant dans les compartiments extrêmes. Il faut 25 kg. de glace sèche pour réfrigérer à basse température un camion de 3 tonnes pour un trajet de 250 km. L'inconvénient de ce mode

de réfrigération, c'est la difficulté à obtenir la neige carbonique en dehors de certains grands centres.

d) Réfrigération mécanique. Le froid est produit par un générateur actionné, soit directement par le moteur du camion, soit par un petit moteur auxiliaire. Si celui-ci s'arrête l'installation peut être branchée sur n'importe quelles distributions électriques.

Ces différents modes de réfrigération permettent d'obtenir à l'intérieur de la caisse isolante une température de —18°.

Aux Etats-Unis les constructeurs ont tenté, avec succès d'ailleurs, le remplacement du camion frigorifique, par des remorques et semi-remorques réfrigérées.

Par sa souplesse d'emploi, par sa rapidité de déplacement, par le personnel restreint qu'il utilise, le camion frigorifique devient le véhicule des produits ultra congelés.

II° *Le wagon frigorifique*

Si le camion frigorifique permet une répartition rapide vers les centres de l'intérieur, pour satisfaire aux besoins immédiats, le wagon frigorifique permet le transport, à un prix plus bas, d'une quantité de produits congelés plus grande.

De 1918 à 1940, un seul type de wagon frigorifique circulait sur les réseaux d'Europe et d'Amérique. Il fallut attendre ces dernières années pour avoir apparaître quelques nouveaux wagons frigorifiques. On considérera deux points :

A) leur isolation.
B) leur mode de réfrigération.

A. - *Leur isolation.* — De nos jours on adopte un type bien compris de wagon frigorifique, il doit ses qualités à une isolation parfaite et à une étanchéïté totale.

L'isolation est assurée par les éléments suivants :
— une paroi de frises, assemblées, en bois de chêne.
— un carton bitumé qui peut être rendu étanche par rejointement à la lampe à souder.
— une forte épaisseur de liège expansé (15 à 16 centimètres).
— une deuxième couche de carton bitumé.
— un revêtement intérieur en bois, contre-plaqué ou en tôle d'aluminium.

Le plancher est isolé par une forte épaisseur d'ébonite mousse ou par des plaques de liège conglomeré.

Le poids de ce wagon est de 20 tonnes. C'est un poids mort important. Les techniciens de la compagnie « PACIFIC RAIROAD » vont mettre en service le prototype d'un wagon frigorifique entièrement construit en aluminium et en magnésium. L'isolation sera assurée par des plaques de styrofoam. Le poids de ce wagon sera 5 tonnes, ce qui permettra, en diminuant le poids mort, d'augmenter la charge utile et d'abaisser les frais de transport.

B. - *Leur réfrigération* : Deux procédés sont utilisés :
A. - Réfrigération par la glace d'eau seule ou associée à la glace carbonique.

B. - Réfrigération mécanique.

A. - La réfrigération par la glace d'eau seule, ou associée à la glace carbonique :

La glace est placée dans des bacs, un à chaque extrémité du wagon. Chaque bac contient 2 tonnes de glace. Pour abaisser le point de fusion de la glace on ajoute du sel marin dans la proportion de 30 à 35 %. On peut associer à la glace d'eau, la glace carbonique qui abaisse encore la température.

B. - Réfrigération mécanique :

Les premiers wagons à réfrigération mécanique ont été mis à l'essai par la « Société d'Exploitation des Wagons Frigorifiques du Réseau de l'Etat ».

Dans un wagon de 6 m. 50 d'écartement d'essieu et d'une longueur utile de caisse de 7 m. 55, il a été prélevé à une extrémité l'emplacement de la machinerie, environ 1 m. sur toute la largeur. Il a été rapporté une nouvelle cloison isolée l'accès de la machinerie se faisant par une porte au bout du wagon. A chaque extrémité du wagon on a placé deux évaporateurs. Devant chaque groupe d'évaporateur des écrans en bois qui constituent les nouveaux fonds intérieurs du wagon. Sur chaque écran, au-dessus d'évaporateurs, un ventilateur débitant 55 m3 d'air à la minute.

L'air froid projeté dans la partie haute du wagon traverse le chargement en absorbant des calories, passe

sous un cailleboti et arrive derrière l'écran de ventilation, passe sur les tubes à ailettes de l'évaporateur où il abandonne ses calories, puis est aspiré par le ventilateur qui le projette à nouveau sur le chargement.

Dans la cabine réservée à la machinerie se trouve un compresseur à chlorure de méthyle. La puissance absorbée par le compresseur est prise sur l'essieu du wagon à l'aide de courroies horizontales, d'une poulie intermédiaire, d'une courroie verticale.

On a constaté qu'il faut un arrêt de plusieurs heures pour amener une légère augmentation de la température.

La route, le rail, permettent de répartir à l'intérieur du pays les produits de la pêche qui ont été congelés dans les usines des installations portuaires. Pour permettre l'exportation internationale du poisson dans les pays séparés par les mers, pour assurer le stockage sur les chalutiers modernes, il a fallu prévoir des aménagements spéciaux. L'importance de ce grave problème de flotte frigorifique a été prouvée lors du dernier conflit mondial. La France manquant de poissons a eu recours aux produits pêchés sur les côtes d'Afrique ou d'Amérique.

B. - Locomotion par mer : Les navires frigorifiques.

Lorsqu'il s'agit de transporter d'un continent à un autre le poisson congelé, une flotte frigorifique est nécessaire.

Sans reprendre l'historique de la flotte frigorifique, disons seulement que le premier transport réfrigéré fut organisé par Ch. Tellier en 1876. Le navire équipé par lui, relia en 105 jours Rouen à La Plata. Les viandes réfrigérées à 0° se conservèrent très bien durant le voyage. Jusqu'à nos jours de grands progrès furent accomplis. Présentement, les produits étant congelés à basse température, leur transport doit aussi se faire à basse température.

Le transport maritime du poisson congelé sera étudié sur deux points.

1° Transport du poisson congelé sur le bateau congélateur ou bateau usine.

2° Transport du poisson congelé en provenance d'usine terrestre de congélation.

1° Transport du poisson congelé sur le bateau congélateur

Avant la guerre, nous possédions deux bateaux spécimens de chalutier congélateur : « *Le Vivagel* » et « *Le Pescagel* ». Ils sont maintenant coulés. Ces deux bateaux restaient en mer 45 jours et pouvaient exploiter les pêcheries de Terre-Neuve et d'Islande. Tous les deux étaient équipés d'installation à bains de saumure. « *Le Weser* », également coulé, possédait à son bord un appareil de congélation à détente directe (type armoire frigorifique). « *Le Deep Sea* » possédait un tunnel de congélation.

En plus de ces bateaux congélateurs, il faut citer les bateaux usines alimentés par une flotille de petits chalutiers.

« *Le Hambourg* », coulé pendant la guerre, pouvait stocker 800 tonnes de filets congelés.

« *Le Pacific Explorer* » qui peut congeler 175 tonnes par jour et qui possède une cale frigorifique pouvant grouper 3.800 tonnes de poissons congelés.

2° Transport du poisson congelé en provenance d'usines terrestres

A la veille de la guerre, nous possédions 26 navires frigorifiques destinés au transport des viandes. En 1945, la plupart de nos navires étaient détruits ; il ne restait à flot que 14 transports frigorifiques représentant une capacité de 55.000 m3 de cale de viande.

Parmi les plus grandes unités qui nous restent figurent :

Le « *Désirade* », le « *Groix* » avec 8.000 tonnes chacun, le « *Jamaïque* », le « *Florida* ». Réjouissons-nous de voir depuis cette date, l'effort accompli par la marine marchande pour doter la France d'une flotte frigorifique digne de son empire.

Ont été lancés, le 8 janvier 1947 le « *Dubréka* » avec 5. 600 m3 de cale frigorifique à + 2°. Le 8 mars 1947, le « *Washington* » avec 3.600 m3 de cale frigorifique à + 2° et 400 m3 de cale à —15° pour le transport des viandes et poissons. Le 12 juillet 1947 le « *Djoliba* » du même type que le « *Dubréka* »,

Dans l'équipement frigorifique de ces navires nous retiendrons :

A. - Le mode de réfrigération.

B. - L'isolation des cales.

A. - *Mode de réfrigération.* — Les machines génératrices de froid à bord des navires frigorifiques utilisent différents agents frigorigènes :

l'anhydride carbonique ;

l'ammoniaque ;

les Fréons.

1° Comparaison en tre CO^2 et NH^3.

Si nous essayons de mettre en parallèle les avantages et les inconvénients de CO^2 et NH^3, nous aboutissons aux conclusions suivantes :

Les fuites de NH^3 sont beaucoup plus incommodantes et dangereuses que celles de CO^2, dont il faudrait une proportion plus grande pour provoquer des accidents d'asphyxie ; elles auraient aussi des conséquences catastrophiques sur la cargaison qui s'imprègnent de cette odeur et serait rapidement détériorée.

Par conter NH^3 a uen température critique nettement plus basse que CO^2, c'est-à-dire, qu'au-dessous d'une certaine tempéarture au condenseur, CO^2 ne pourra plus être liquéfié, alors que NH^3 le sera facilement encore.

Pour une même température du fluide frigorigène au condenseur, la tension de vapeur que devra vaincre le piston au refoulement sera bien plus élevée dans le cas

de CO^2, or cette température est fatalement de 5 à 10 degrés supérieure de celle de l'eau de mer utilisée pour le refroidissement du condenseur. Cet inconvénient devient particulièrement gênant, lorsque le bateau vogue sur une eau de mer tropicale atteignant 30 à 32°.

Il faut compter avec une eau de mer tempérée, une pression de refoulement de 11 kg/cm² pour NH^3 et de 60 kg/cm² pour CO^2. Le compresseur à CO^2 devra donc être plus résistant et plus lourd ; c'est pourquoi l'emploi de NH^3 tend à gagner de plus en plus, surtout depuis que des progrès récents ont pratiquement supprimé les fuites.

2° Les Fréons. — Ces dernières années ont été marquées par l'apparition de nouveaux agents frigorigènes aux Etats-Unis, les Fréons, parfaitement inoffensifs, totalement ininflammables et dont la présence n'altère pas les denrées alimentaires.

Le Fréon 12, un des premiers utilisés, présente l'inconvénient de dissoudre les huiles de graissage.

Le Fréon 22 a une température d'ébullition égale à —50°.

Le prix de revient des fréons est de 8 % supérieur à celui de NH^3.

Refroidissement des cales. — Le refroidissement des cales de navire se fait de deux façons :

a) Refroidissement sans circulation forcée d'air.

Ce refroidissement s'opère au moyen d'un réseau de serpentins qui tapissent les parois des chambres froides.

b) Refroidissement avec circulation forcée d'air.

L'échange de chaleur est ici localisé au niveau d'un appareil frigorigène. Un ventilateur aspire l'air des cales froides par des canaux et le refoule après passage sur le frigorigène. Un courant d'air important traverse de cette manière tout le local.

B. - *Isolation des cales.* — Avant de poser l'isolant des cales, toutes les surfaces métalliques sont badigeonnées au goudron.

Le plus souvent, l'isolation est réalisée au moyen d'un vaigrage, séparé du bord par un bourrage de liège granulé de 25 cm. d'épaisseur. Ce vraigrage, constitué lui-même par deux couches de 2,5 cm. chacune, en bois de pitchpin, avec interposition de papier imperméable, est cloué sur des lambourdes boulonnées sur les membrures de la coque.

Le liège granulé, est, dans d'autres cas, compris entre deux plans de bois, et le tout séparé de la coque par une lame d'air.

On préfère fréquemment, pour éviter le tassement, employer une même épaisseur de liège aggloméré en plaques. On en place deux couches, dont les jointoiements, réalisés par un mélange de brai et de poudre de liège, se chevauchent.

Les épontilles doivent être minutieusement garnies de liège granulé maintenu par un coffrage de bois ; les panneaux de chargement, les échelles de descente doivent être recouverts d'isolant. Il est aussi nécessaire d'isoler les ponts qui séparent deux chambres superposées.

Nous voyons par cette étude, quels soins il faut prendre pour la construction des cales frigorifiques dont la qualité essentielle demeure l'isolation. Le moindre défaut peut réduire à l'inaction complète un navire frigorifique.

C. - *Locomotion par air :* Les avions frigorifiques. — L'aviation commerciale offre de plus en plus des conditions avantageuses pour les transports lointains. L'avion a été utilisé pour le transport du poisson congelé, les résultats ont été excellents.

Pour ne pas augmenter démesurément le prix du transport des produits congelés, seulement une partie de l'appareil sera aménagée en chambre réfrigérée par la glace carbonique. Les poissons seront soigneusement emballés dans les boîtes de carton ondulé contenant à leur partie supérieure de la glace carbonique parfaitement isolée du poisson.

Le vrai rôle d'avenir de l'aviation commerciale semble réservé aux transports des denrées périssables de grande valeur (fruits, primeurs fragiles, volailles).

*
* *

Véhiculé par camion, train, bateau ou avion le poisson congelé a jusque-là résisté à des températures variables ; il est maintenant arrivé à une dernière destination, le centre de consommation. Celui-ci doit disposer d'aménagements spéciaux pour conserver aux produits congelés toutes leur valeur. Il serait souhaitable de prévoir, au frigorifique de l'abattoir municipal, une place pour conserver quelques jours, le surplus qui n'a pas

été exposé à la vente, ainsi serait évité le gaspillage d'une denrée alimentaire de la plus haute valeur nutritive.

Depuis 1938, on installe aux Etats-Unis, de petits frigorifiques à compartiments privés, les « LOCKER PLANT ».

Les consommateurs peuvent y louer un coffre en forme de tiroir pour y déposer leurs aliments congelés : poissons, viandes, fruits, qu'ils viennent retirer au fur et à mesure de leurs besoins.

Aux Etats-Unis également, on a ajouté un maillon à la chaîne frigorifique ; l'exposition des produits congelés à vendre se fait sous la protection de vitrines réfrigérées.

*
* *

C'est à la vente que la chaîne frigorifique prend fin, c'est à la vente que disparaît « la couverture froide ». Les paquets de filets de poissons sont livrés au consommateur pour son alimentation. Cependant, il y a quelques années, il restait une opération délicate à accomplir : la décongélation. Maintenant que le stade de l'ultra-congélation est atteint, que le poisson est soumis dès sa sortie de l'eau à des températures très basses, cette opération est devenue inutile.

Nous avons vu précédemment que la congélation rapide ne détruisait pas l'harmonie cellulaire par la formation de cristaux de glace ; les liquides interstitiels sont fixés instantanément. Il n'est donc plus nécessaire de décongeler le poisson pour lui permettre de récupérer une partie de l'eau exsudée dans les espaces conjonctifs.

CONCLUSION

Le rôle essentiel de tout procédé de conservation des denrées périssables est d'arrêter l'action des microorganismes qu'elles contiennent. Le salage, le séchage, le fumage, la stérilisation, le froid ont tous le même but, mais seul de tous ces procédés le froid tend à conserver aux denrées alimentaires leurs qualités initiales.

La congélation, appliquée aux poissons présente des avantages nombreux qui assurent aux poissons congelés un succès toujours plus grand ; ce succès est dû à deux raisons :

Raisons d'ordre général.

Raisons d'ordre technique.

1° *Raisons d'ordre général :*

Le procédé de congélation appliqué aux poissons, permet la consommation à toute époque de l'année, à des prix sensiblement constants, de produits frais de production locale ou étrangère.

Ce procédé de conservation évite également les pertes qui peuvent survenir lors de pêches abondantes qui ne trouveraient pas de débouchés immédiats.

2° *Raisons d'ordre technique :*

Seule la congélation conserve aux poissons, toutes leurs qualités physiques, chimiques, organoleptiques : de tous les procédés de conservation c'est celui qui assure le mieux la conservation des vitamines. Mais, si la congélation des poissons offre ainsi de sérieux avantages, elle ne peut s'appliquer qu'à des produits saints, elle doit être précoce et continue (*trépieds frigorifique de Monvoisin*).

a) Produits sains : cette condition est d'une nécessité évidente. Le froid stabilise les denrées, il les conserve sensiblement dans l'état où elles se trouvent au moment où elles lui sont confiées, mais il ne peut leur donner les qualités qu'elles n'ont pas.

b) Congélation précoce : Pour que les produits soumis au froid soient sains, il faut les refroidir immédiatement après leur récolte.

c) Congélation continue : Il est évident que le froid ne peut protéger que les denrées qui lui sont effectivement confiées. Si l'application du froid cesse, sa protection cesse également. Il faut donc réaliser une réfrigération continue depuis la production jusqu'à la consommation, ou pour employer une expression maintenant bien connue, il faut réaliser une « Chaîne frigorifique ».

On conduira donc les denrées périssables de la production à la consommation sous la protection continue du froid. Cette condition a besoin, pour être réalisée, d'une organisation parfaite de l'industrie frigorifique.

Pour le poisson en particulier, quatre maillons sont indispensables :

1° Chalutiers équipés pour réfrigérer, ou mieux congeler le poisson dès sa sortie de l'eau.

2° Salles de stockage où le poisson sera mis en réserve pour satisfaire aux besoins de l'alimentation durant plusieurs mois.

3° Véhicules convenablement réfrigérés (camions, wagons containers, bateaux, avions même).

4° Armoires frigorifiques chez le commerçant, « loker plant » ou même frigorifique à l'abattoir municipal.

*
* *

Malgré les progrès et le développement de l'industrie frigorifique en France le « frigo » conserve des adversaires :

Les pêcheries locales de petite importance ont vu dans le froid un concurrent sérieux. Si on joint à cela la mauvaise qualité des premiers produits congelés consommés en France (mauvaise décongélation surtout, entreposage maintenu trop longtemps) on s'explique que les consommateurs n'ont pas compris quel auxiliaire le froid pouvait être pour eux.

Enfin, si l'industrie frigorifique appliquée à la conservation des denrées alimentaires a pu, dans les pays neufs trouver sa place sur un terrain vierge, sur le vieux continent elle a dû de vive force se créer un droit de cité en s'intégrant à l'état de chose existant.

Seuls les arguments solides, imposeront la technique frigorifique alimentaire :

1° Le froid supprime le gaspillage. C'est par 12 milliards de francs qu'on pouvait chiffrer en 1939, les pertes annuelles de denrées périssables de toute nature, pour la plupart ces pertes auraient pu être évitées par l'emploi rationnel du froid. Cela est très important dans une période où la lutte contre la famine est une préoccupation internationale.

2° Le froid valorise les produits de pêche, en faisant disparaître l'opposition fondamentale entre la production saisonnière et la consommation permanente.

3° Le froid rend possible l'obtention de produits de qualité qui nous permettraient de reconquérir les marchés étrangers que nous avons perdus.

En conclusion, rapportons ces lignes de Maurice PIETTRE.

« Le froid est devenu un facteur décisif dans l'ordre économique et dans le domaine de l'hygiène alimentaire. Nous croyons pouvoir dire que les Américains enthousiastes des théories pasteuriennes et les poussant dans les limites les plus étendues, ont créé une technique nouvelle, la pasteurisation par le froid ».

Vu :
Le Professeur de l'Ecole Vétérinaire
rapporteur,
Ch. LOMBARD.

Vu :
Le Directeur de l'Ecole Vétérinaire,
P. PONS.

Vu :
Le Président de la Thèse,
VALDIGUIÉ.

Vu :
Le Doyen,
CALVET.

Vu et permis d'imprimer

Toulouse, le 8 novembre 1948

Le Recteur,
Président du Conseil de l'Université,
DOTTIN.

BIBLIOGRAPHIE

BABEY. — Vue d'ensemble sur les méthodes et appareils français de congélation ultra-rapide. (*R.G.F.*, décembre 1946).

R. BILLARDON. — Congélation rapide à Leith. (*Pêches maritimes. Pêches fluviales et Pisciculture.* 15 novembre 1946).

B. BILLARDON. — Entreposage et transport du poisson congelé. (*Pêches maritimes. Pêches fluviales et Pisciculture.* 8 janvier 1946).

R. BILLARDON. — Transport du poisson par avion et la glace carbonique. (*Pêches maritimes et Pisciculture.* Mai 1948).

R. BILLARDON. — La halle avec poissons. (*Pêches maritimes et fluviales. Pisciculture.* 15 mai 1946).

R. BILLARDON. — Congélation de la sardine au Maroc. (*Pêches maritimes et fluviales. Pisciculture*). Avril 1947.

L. BONNET. — Un nouvel appareil de congélation ultra-rapide (*R.G.F.* Avril 1946).

CAVERIVIÈRE. — La congélation rapide. Congélation rapide de la viande dessossée découpées et mise en caisse. (*Thèse de doctorat vétérinaire*. Toulouse 1947).

P. CLÉMENT. — Congélation ultra rapide. (*R.G.F.* Septembre 1947).

P. CLÉMENT. — Les transports frigorifiques routiers. (*R. G. F.* Mai 1948).

— Pêches maritimes et transport frigorifique. (*R. G. F.* Septembre 1948).

COUDECKERQUE-LAMBRECHT. — Un nouveau congélateur de poissons. (*Pêches maritimes et fluviales. Pisciculture*. Mars 1947).

— Congélation rapide des produits de pêches en Allemagne. (*R. G. F.* Août 1947).

C. L. CUTTING. — Problème du poisson congelé (*Foud manufact*).

— Etude comparative des congélateurs des produits alimentaires (*R. G. F.* Juillet 1948).

DAHL. — Sur la parfaite conservation du poisson. (*La pêche maritime*, 21 Septembre 1930).

R. FABRY. — Voyage d'études aux U. S. A. (*R. G. F.* Mars 1946).

Dr T. M. NILL. — L'Aluminium, son avenir dans l'industrie de la congélation rapide. (*Quick Frozen fooa*, Juin 1946).

MAC KINNEY. — La congélation par immersion dans l'oxyde azoteux liquide. (*Food Industr.* Mai 1946).

A. LABLANCHY. — Aliments congelés aux U. S. A. (*R. G. F.* Octobre 1947).

MARTEL. — Industrie du froid. Sauvegarde des vitamines (*R. G. F.* Novembre 1941).

MONVOISIN. — La conservation par le froid des denrées périssables (1946, 3me édition, Dunod, édit.)

J. M. MORGAN. — Industrie des filets de poissons congelés en Islande (*Pêches maritimes et fluviales Pisciculture*, Janvier 1947).

M. PIETTRE. — Théorie générale de l'applcation du froid aux denrées alimentaires (1938. *Baillière*, édit.)

A. STROHL. — Flotte frigorifique et transport maritime des viandes sous le régime du froid. (*Thèse de doct. vét.* Toulouse 1947).

R. THÉVENOT. — Equipement frigorifique aux Etats-Unis. (*R. G. F.* Mars 1946).

VASSOGNE. — Isolants dans l'industrie frigorifique. (*R. G. F.* Juillet 1946).

VASSOGNE. — Emploi du camion frigorifique dans le transport des denrées périssables. (*Le Génie Rural.* Juillet 1947).

ZIEGLER. — Wagon à réfrigération mécanique. (*R. G. F.* Avril 1947).

TABLE DES MATIERES

Avant-propos 7
Plan d'étude 11

CHAPITRE I. - *Technique*

Congélation du poisson vivant 13
Congélation du poisson mort 14
— Procédé de congélation par contact direct entre le poisson à congeler et l'agent refroidissant 14
— Procédé de congélation par contact indirect entre le poisson à congeler et l'agent refroidissant 20
— Procédé par circulation d'air froid 26
Choix d'une méthode 32

CHAPITRE II. - *Conservation. Modifications*

Protection du poisson 37
Salles de stockage 40
Modifications physiques 42
histologiques 43
chimiques 46

CHAPITRE III. - *Transport du poisson congelé*

Camions frigorifiques 48
Wagons frigorifiques 52
Navires frigorifiques 55
Avions frigorifiques 61
Conclusion 63

Bibliographie